

Министерство образования и науки Украины  
Национальное агентство аккредитации Украины  
Национальная металлургическая академия Украины /НМетАУ/  
Технический университет – Варна  
Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины  
Институт интегрированных форм обучения НМетАУ /ИниФН/  
Днепропетровский образовательный центр  
Харьковский торгово-экономический институт  
Киевского национального торгово-экономического Университета

---

Ministry of Education and Science of Ukraine  
National Accreditation Agency of Ukraine  
National Metallurgical Academy of Ukraine /NMetAU/  
Technical University – Varna  
Physico-Technological Institute of Metals and Alloys,  
National Academy of Sciences of Ukraine  
Institute of Integrated Education /InIE/  
Dnipropetrovsk Education Center  
Kharkiv Trade and Economics Institute of Kyiv National University of Trade and Economics

***XIII Международная конференция***  
**«Стратегия качества**  
**в промышленности и образовании»**  
5 – 8 июня 2017 г., Варна, Болгария

**М А Т Е Р И А Л Ы**  
В 2-х ТОМАХ

**ТОМ 1**

***XIII International Conference***  
**«Strategy of Quality in Industry and Education»**  
June 5-8 2017, Varna, Bulgaria

**PROCEEDINGS**  
IN TWO VOLUMES

**VOLUME 1**

Международный научный журнал Acta Universitatis Pontica Euxinus  
Специальный выпуск  
International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus  
Special edition

Днепр  
Варна  
2017

17. The manufacture of high quality steel wire rods using the newly developed controlled rolling process (KKP) / Y. Nakamura, A. Sannomiya, L. Takahashi // Conference Proceeding, 50-th Annual Convention. – Ohio. – 1980. – Okt.5-9. – p.118-123.
18. Пат. № SU 1474174, СССР, МПК C21D 9/00. Способ конвективного охлаждения труб и устройство для его осуществления / [Подольский Б. Г., Малец А. Ф., Калганов В. М. и др.], заявитель и патентодержатель / Всесоюзный научно-исследовательский институт металлургической теплотехники. – № 4236141/23-02; заявл. 24.04.84; опубл. 23.04.89, Бюл. № 15. – 7 с.
19. Пат. № 2116849, Российская Федерация, МПК B21B45/02. Участок охлаждения катанки / [Евтеев Е. А., Горбанев А. А., Емченко В. С. и др.], заявитель и патентодержатель / Белорецкий металлургический комбинат, Институт черной металлургии АН Украины. – № 94013573/02; заявл. 18.04.94; опубл. 10.08.98.

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗСПОВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ ЗА УМОВ НЕПЕРЕРВНИХ ВИКИДІВ ВІД ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

*Старший наук. співроб., докт. техн. наук О.О. Попов, провідний наук. співроб.,  
докт. техн. наук А.В. Яцишин, старший наук. співроб., канд. техн. наук В.О. Ковач,  
молодший наук. співроб. Є.Б. Краснов*

*Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,  
м. Київ, Україна*

*Старший наук. співроб, канд. техн. наук В.О. Артемчук,  
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
м. Київ, Україна*

**Вступ.** Зменшення рівня антропогенного впливу потенційно небезпечних об'єктів на навколишнє природне середовище та людей можна досягти якісним управлінням екологічною безпекою в районі розташування даних джерел техногенного навантаження, забезпечивши їх стратегічну орієнтацію на принципи сталого розвитку.

Одним з основних шляхів реалізації концепції стійкого розвитку суспільства вважається впровадження на всіх організаційних рівнях науково обґрунтованої системи екологічного та соціально-економічного менеджменту, який би будувався на об'єктивних даних відповідної системи екологічного та соціально-економічного моніторингу, що, у свою чергу є інформаційним базисом концепції стійкого розвитку і свого роду початковою функцією управлінського циклу [1].

Але масштаби екологічного моніторингу неминуче обмежені даними, що отримує певна кількість постів спостереження, які не завжди здатні забезпечити об'єм усіх найважливіших забруднених територій, що обумовлює неповну картину забруднення території, прилеглої до джерела забруднення. Ніяка програма моніторингу, як би добре вона не була профінансована і спланована, не здатна забезпечити отримання всеосяжних кількісних просторово-часових характеристик забруднення від техногенного об'єкта. Таким чином, використання лише даних точкових вимірювань концентрації забруднюючих речовин на постах спостереження за забрудненням не дає можливості компетентним органам повною мірою ухвалювати ефективні управлінські рішення щодо забезпечення потрібного стану екологічної безпеки в зонах впливу

джерел техногенного навантаження [1, 2].

Для вирішення цієї проблеми на сьогодні широко використовують математичне моделювання забруднення в різних середовищах (повітрі, ґрунті, воді тощо) від різних потенційно небезпечних джерел.

У табл. 1 наведено порівняльні оцінки можливостей моніторингу та методів моделювання, що застосовуються при вирішенні базових задач забезпечення екологічної безпеки довкілля [1, 3].

**Таблиця 1 – Порівняльна характеристика моніторингу і моделювання розповсюдження забруднюючих речовин як інструментів для оцінки стану екологічної безпеки**

Задача	Ефективність	
	Моніторинг	Моделювання
Оцінка фактичних концентрацій	Висока	Низька
Системи попередження про різке підвищенні рівня забруднення	Висока	Низька
Оцінка мінливості в часі	Висока	Висока
Оцінка мінливості в просторі	Низька	Висока
Оцінка концентрацій в майбутньому	Низька	Висока
Визначення внеску джерел забруднення	Низька	Висока

Як видно з табл. 1, моніторинг і моделювання є засобами, що доповнюють один одного. За їх допомогою здійснюють розробку стратегії управління показниками екологічної безпеки навколишнього природного середовища.

В роботах [4–6] представлено результати побудови математичних моделей забруднення атмосфери за умов аварійних та короточасних викидів від техногенних об'єктів. В даній роботі представлено результати розробки математичної моделі техногенного навантаження на атмосферу за умов неперервного викиду від потенційно небезпечного об'єкта.

**Результати роботи.** Для знаходження функції концентрації  $q(x, y, z)$ , яка утворюється при неперервному викиді потужністю  $M$  [г/с] точковим джерелом, яке розміщене в точці простору з координатами  $(x_0, y_0, H_{ef})$ , спочатку розв'язувалось наступне параболічне рівняння турбулентної дифузії [4–6]:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + w \frac{\partial q}{\partial z} + \lambda q = K_x \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 q}{\partial z^2} + M \delta(t) \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) \delta(z - H_{ef}) \quad (1)$$

початкові умови:  $uq = M \delta(x) \delta(y) \delta(z - H_{ef})$  при  $t = 0$ ;

граничні умови:  $q \rightarrow 0$  при  $x^2 + y^2 + z^2 \rightarrow \infty$  та  $K_z \frac{\partial q}{\partial z} + wq + \beta q = 0$  при  $z = z_0$ ,

де  $u, v, w$  – компоненти вектора швидкості вітру вздовж осей  $Ox, Oy$  та  $Oz$  відповідно, [м/с];  $\lambda$  – параметр, що враховує взаємодію домішок з навколишнім середовищем (хімічна трансформація, вимивання опадами, поглинання підстилаючою поверхнею), [с<sup>-1</sup>];  $K_x, K_y, K_z$  – коефіцієнти турбулентної дифузії відповідно вздовж осей  $Ox, Oy$  та  $Oz$ , [м<sup>2</sup>/с];  $H_{ef}$  – ефективна висота підйому факела викидів, [м];  $\beta$  – параметр, який

характеризує взаємодію домішки з підстилаючою поверхнею, [м/с];  $z_0$  – параметр шорсткості підстилаючої поверхні, [м];  $t$  – час поширення домішки, [с];  $\delta$  – дельта-функція Дірака.

Після цього виконувалась згортка розв'язку рівняння (1) по змінній часу, здійснювалась заміна змінної  $t_1$  на  $t$  та бралась границя від правої частини отриманої рівності, спрямувавши  $t$  до нескінченності. В результаті було отримано наступну модель:

$$q(x, y, z) = \frac{Me \frac{u_{H_{ef}}(x \cos \alpha + y \sin \alpha)}{2K} + \frac{w_g(z - H_{ef})}{2K_z}}{4\pi K \sqrt{K_z}} \cdot \left( e^{-\frac{1}{2} \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{K} + \frac{(z - H_{ef})^2}{K_z}} \cdot \sqrt{\frac{u_{H_{ef}}^2}{K} + \frac{w_g^2}{K_z}}} + \frac{e^{-\frac{1}{2} \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{K} + \frac{(z + H_{ef} - 2z_0)^2}{K_z}} \cdot \sqrt{\frac{u_{H_{ef}}^2}{K} + \frac{w_g^2}{K_z}}}}{\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{K} + \frac{(z + H_{ef} - 2z_0)^2}{K_z}}} + \frac{w_g}{K_z} \int_0^\infty e^{-\frac{w_g \xi}{2K_z} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{K} + \frac{(z + H_{ef} - 2z_0 - \xi)^2}{K_z}} \cdot \sqrt{\frac{u_{H_{ef}}^2}{K} + \frac{w_g^2}{K_z}}} \cdot \frac{d\xi}{\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{K} + \frac{(z + H_{ef} - 2z_0 - \xi)^2}{K_z}}} \right) \cdot e^{-\frac{\lambda(x \cos \alpha + y \sin \alpha)}{u_{H_{ef}}}}, \quad (2)$$

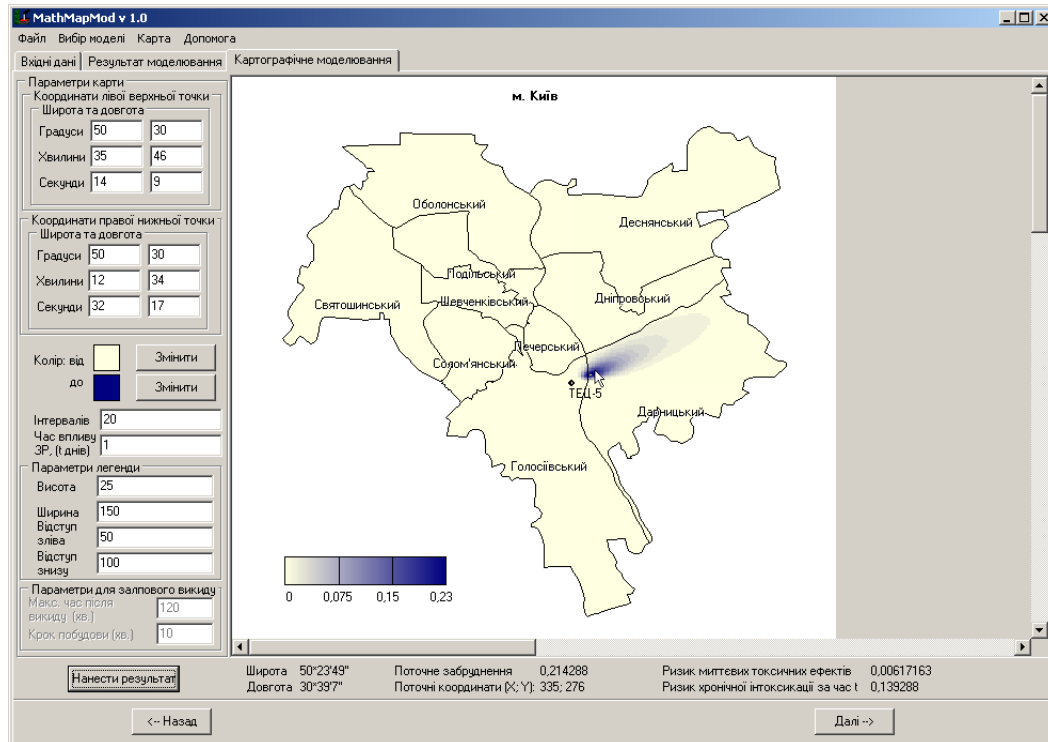
де  $\alpha$  – кут між напрямком вітру та східним напрямком;  $u_{H_{ef}}$  – швидкість вітру на ефективній висоті джерела викидів, [м/с];  $w_g$  – швидкість гравітаційного осадження для важких домішок, [м/с].

При побудові моделі приймалось, що  $K_x = K_y = K$ .

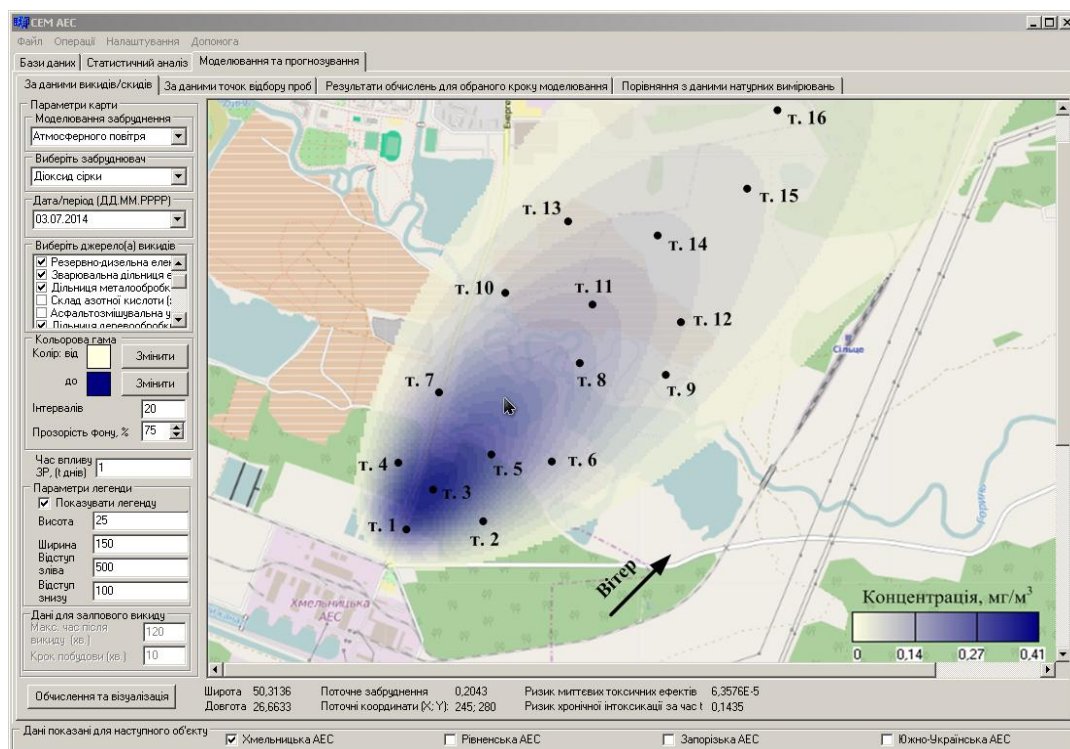
Адекватність розробленої математичної моделі перевірялась шляхом порівняння результатів моделювання за розробленою методикою з даними натурних вимірювань, отриманих за офіційним запитом від відповідних хімічно небезпечних об'єктів України (АЕС, ТЕЦ-5, ТЕЦ-6). В результаті проведення експериментів встановлено, що всі результати моделювання не відрізняються від границь своїх довірчих інтервалів більш як на 7%, що абсолютно достатньо для такого класу задач.

Розроблені математичні моделі розсіювання домішок за стаціонарних та нестаціонарних умов викидів реалізовано в спеціалізованих програмних комплексах, які розроблено авторами для розв'язання актуальних задач екологічного моніторингу атмосферного повітря в зонах впливу різних техногенних об'єктів [7–9].

На рис. 1 та 2 показано приклади результатів використання розробленої математичної моделі для побудови розподілів забруднюючих речовин на земній поверхні за умов неперервних викидів від потужних хімічно небезпечних об'єктів України. Так, на рис. 1 зображено розподіл діоксиду азоту від викидів ТЕЦ-5, а на рис. 2 – розподіл діоксиду сірки від викидів Хмельницької АЕС. Показані електронні екологічні карти побудовані в інформаційно-аналітичних комп'ютерних системах MathMapMod та СЕМ АЕС відповідно [10, 11].



**Рисунок 1 – Екологічна карта розподілу діоксиду азоту в атмосфері біля земної поверхні за умов неперервних викидів від ТЕЦ-5 м. Києва**



**Рисунок 2 – Карта розподілу діоксиду сірки в атмосфері біля земної поверхні в результаті неперервних викидів від допоміжних виробництв на території Хмельницької АЕС**

На рис. 2 також показані точки натурних вимірювань концентрації діоксиду сірки, за результатами яких здійснювалась верифікація та перевірка адекватності розробленої математичної моделі (2).

Наведені екологічні карти дозволяють чітко визначити території забруднення приземного шару атмосфери за заданих параметрів викидів та метеорологічних характеристик. Інтерфейси програмно-моделюючих комплексів розроблено таким чином, що географічні координати обраної точки, її поточні координати в системі координат, яка пов'язана з картою, рівень концентрації забруднюючої речовини та відповідні ризики для здоров'я населення в цій точці автоматично відображаються під картою при наведенні курсору миші на дану точку на карті. Таке математико-картографічне моделювання техногенних навантажень та ризиків дає можливість відповідним контролюючим органам приймати швидкі ефективні управлінські рішення щодо забезпечення законодавчо визначеного рівня екологічної безпеки атмосферного повітря та населення в зонах впливу потенційно небезпечних об'єктів.

#### **Висновки.**

Розроблено нову математичну модель забруднення атмосфери за умов неперервних викидів від хімічно небезпечних техногенних об'єктів. Дана модель враховує всі основні фактори впливу на процес розсіювання домішок в атмосфері, а саме: параметри джерела викиду, параметри викиду, метеорологічні фактори та фактори взаємодії домішок з навколишнім середовищем.

Адекватність розробленої моделі перевірено шляхом порівняння результатів моделювання за розробленою методикою з даними натурних вимірювань, отриманих за офіційним запитом від відповідних хімічно небезпечних об'єктів України (АЕС, ТЕЦ-5, ТЕЦ-6). В результаті проведення експериментів встановлено, що всі результати моделювання не відрізняються від границь своїх довірчих інтервалів більш як на 7%, що абсолютно достатньо для такого класу задач.

Математичну модель реалізовано в спеціалізованих програмних комплексах, які розроблено авторами для розв'язання актуальних задач екологічного моніторингу атмосферного повітря в зонах впливу різних техногенних об'єктів. Наведені приклади математико-картографічного моделювання техногенних навантажень та ризиків підтверджують, що розроблена математична модель та програмні засоби є ефективними інструментами підтримки прийняття управлінських рішень щодо забезпечення законодавчо визначеного рівня екологічної безпеки атмосферного повітря та населення в зонах впливу потенційно небезпечних об'єктів України.

#### **Посилання**

1. Попов О.О. Концептуально-методологічні аспекти моделювання впливу об'єктів атомної енергетики на довкілля / О.О. Попов // Моделювання та інформаційні технології. – 2013. – Вип. 70. – С. 10–19.
2. Яцишин А.В. Моделювання якості атмосферного повітря та відповідні моделюючі системи / А.В. Яцишин // Моделювання та інформаційні технології. – 2012. – Вип. 63. – С. 10–18.
3. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Региональные публикации ВОЗ. Европейская серия. – 2001. – № 85. – 293 с.
4. Попов О.О. Розробка математичної моделі забруднення атмосфери при аварійних викидах від техногенних об'єктів / О.О. Попов, Є.Б. Краснов, С.О. Бурлака, В.О. Артемчук // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (м. Черкаси, 19–20 травня 2016 р.). – Черкаси : ЧПБ ім. Героїв



- Чорнобиля НУЦЗ України, 2016. – С. 105–108.
5. Попов О.О. Математична модель техногенного навантаження на атмосферу за умов короткочасного викиду від потенційно небезпечного об'єкту / О.О. Попов // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку», (м. Черкаси, 13–19 березня 2017 р.). – Черкаси : ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2017. – С. 44–48.
  6. Popov O. Development of mathematical means for estimation of ecological and economical losses from pollution of atmospheric air in zones of technogenic objects impact / O. Popov, V. Kovach, O. Bliashenko, V. Kovach, K. Smetanin // Journal "Riscuri Si Catastrofe". – 2015. – NR. XIV, VOL. 17, NR.2/2015. – P. 97–108.
  7. Лисиченко Г.В. Розробка комп'ютерної системи екологічного моніторингу атмосферного повітря в зонах впливу техногенних об'єктів / Г.В. Лисиченко, О.О. Попов, А.В. Яцишин, В.О. Артемчук // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи» (м. Львів, 4–6 листопада 2015 р.). – Львів : ЛДУБЖД, 2015. – С. 211–214.
  8. Яцишин А.В. Проектування та розробка комп'ютерної системи прогнозу техногенних навантажень на приземний шар атмосфери / А.В. Яцишин, В.О. Артемчук, О.О. Попов // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2010. – Вип. 55. – С. 46–54.
  9. Артемчук В.А. Информационно-аналитическая система эколого-энергетического мониторинга / В.А. Артемчук, О.А. Грибан // Моделирование та інформаційні технології. Спец. випуск. – 2010. – Т. 1. – С. 120–128.
  10. Попов А.А. Использование картографического метода для решения задач комплексного экологического мониторинга техногенно-нагруженных территорий / А.А. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 2(14). – С. 195–198.
  11. Попов А.А. Применение математического моделирования для определения зон влияния выбросов предприятий топливно-энергетического комплекса в атмосферу / А.А. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 4(16). – С. 187–193.

## ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ МАЙОНЕЗІВ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЇХ ЯКОСТІ

*Доц., канд. техн. наук І.Г. Радзієвська, доц., канд. хим. наук О.П. Мельник*

*Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна*

*Доц., канд. хим. наук В.М. Галімова*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
м. Київ, Україна*

В останні роки у науці про харчування великого значення набуває проблема створення продуктів дієтичного призначення для лікування та профілактики таких захворювань, як атеросклероз та гіпертонічна хвороба, число яких останнім часом значно зросло. Такі хворі мають потребу у продуктах, збагачених поліненасиченими жирними кислотами, особливо родини  $\omega$ -3, та зі зниженим вмістом холестеролу [1]. Тому розробка рецептур майонезів функціонального призначення і технології їхнього виробництва є актуальною задачею.